

BIBLIOTECA NACIONES UNIDAS MEXICO

Distr.
RESTRINGIDA

LC/MEX/R.65

10 de junio de 1987

ORIGINAL: ESPAÑOL

CATALOGADO

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

EL SALVADOR: DIAGNOSTICO DE LAS FUENTES DE ENERGIA NUEVAS
Y RENOVABLES Y DEL USO RACIONAL DE LA ENERGIA

INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	1
I. La leña	3
1. La oferta	3
a) Regeneración natural de los bosques	3
b) Cafetales	3
c) Deforestación, cercas vivas y matorrales	4
d) Oferta total	4
2. La demanda	4
a) Consumo residencial	4
b) Consumo industrial	5
c) Consumo para carbón de leña	5
d) Consumo total de leña	6
3. Comparación oferta-demanda de leña	6
4. El mercado de la leña	7
a) Procedencia y transporte	7
b) Precios y volúmenes de venta	7
5. Aspectos institucionales y legales	8
II. Desechos agropecuarios	9
1. Valorización energética de los desechos agrícolas por medio de combustión	9
a) El recurso	9
b) La demanda y el potencial aprovechable	10
2. Valorización energética de desechos por medio de metanización de desechos agropecuarios	10
III. Biomasa: Síntesis de los recursos	10
IV. Aprovechamiento de la energía solar	11
1. Conversión térmica	11
2. Conversión fotovoltaica	12
V. Aprovechamiento de la energía eólica	12
VI. Uso racional de la energía en la industria	12
1. Ahorros térmicos	12
2. Ahorros eléctricos	13
Cuadros	14

PRESNTACION

Este trabajo fue realizado en el marco de la asesoría brindada por la Subse de la CEPAL en México a los países del Istmo Centroamericano, en el campo de las fuentes de energía nuevas y renovables, con el apoyo del Gobierno de Francia.

Según lo solicitó la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) de El Salvador, el presente diagnóstico contempla la biomasa forestal y agropecuaria, el aprovechamiento de las energías solar y eólica, y el uso racional de la energía en la industria. Para realizarlo, se trabajó exclusivamente sobre la base de datos existentes en los documentos publicados a la fecha, así como de entrevistas realizadas a funcionarios responsables de diversas instituciones nacionales que intervienen en la problemática de las fuentes de energía nuevas y renovables y del uso racional de la energía: CEL, Ministerio de Planificación (MIPLAN), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Instituto Nacional del Azúcar (INAZUCAR), Instituto Nacional del Café (INCAFE), Instituto Salvadoreño de Investigaciones de Café (ISIC), Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL), Cemento de El Salvador (CESSA), a nivel nacional. También se entrevistaron funcionarios de los siguientes organismos internacionales: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El presente diagnóstico será complementado posteriormente con un documento de perfiles de proyectos.

I. LA LEÑA

1. La oferta

Para evaluar la oferta de leña en El Salvador, se consideraron separadamente la oferta potencial por regeneración natural de bosques naturales y artificiales, la oferta que corresponde a los cafetales (podas de árboles de sombra y renovación) y la oferta dispersa que incluye la deforestación, las cercas vivas y los árboles aislados en matorrales.

a) Regeneración natural de los bosques

Se evaluaron las superficies de todos los bosques existentes en 1986 (coníferas, latifoliados, salados y arbustivos) sobre la base de los datos del anuario forestal del MAG de 1978 y de las cifras estimadas de deforestación anual, publicadas por un estudio de la Comunidad Europea (véase el cuadro 1). En términos globales, existían todavía 239 000 ha de bosques naturales en 1986, a menudo parcialmente aprovechados.

La política de reforestación llevada a cabo por el MAG de 1979 a 1985 ha permitido reforestar 1 000 hectáreas por año. Sin embargo, este importante esfuerzo ha sido insuficiente para compensar la deforestación observada durante el mismo período que superó en cuatro veces esa superficie. Además, cabe mencionar que, según datos oficiales, el 35% de estas plantaciones no han sobrevivido por falta de mantenimiento adecuado.

En 1986, los bosques artificiales se estimaron en 14.400 ha, compuestos aproximadamente por 70% de latifoliados (teca y laurel, esencialmente) y 30% de coníferas.

La productividad de leña de estos bosques se calculó, por una parte, según criterios de aprovechamiento racional (considerando únicamente las ramas de cierto diámetro como fuente de leña) y, por la otra, de aprovechamiento máximo (utilizando para leña la totalidad de la madera, incluyendo troncos y ramas delgadas). En estas condiciones se obtuvo una producción total anual por regeneración natural de 2 240 Tcal en el primer caso, y de 4 020 Tcal en el segundo (véase de nuevo el cuadro 1).

b) Cafetales

En 1986, El Salvador contaba con 188 000 ha de plantaciones de café. Se puede considerar que la totalidad dispone de árboles de sombra y que ya no existe tendencia a promover cultivos sin sombra, o a sustituir las especies forestales actualmente utilizadas para sombra (madrecacao, por ejemplo), por arbustos leguminosos (guabo, por ejemplo) que hubieran reducido la oferta de leña. El potencial anual de las podas de árboles de café, así como las podas y renovación de los plantíos asciende a 3 900 Tcal (véase el cuadro 2).

c) Deforestación, cercas vivas y matorrales

Se estimó que en promedio el 10% de los 1.3 millones de hectáreas de superficie agropecuaria del país están cubiertas de cercas vivas y especies espinosas en potrero y matorrales. En las regiones aún no afectadas por la crisis aguda de oferta de leña que padecen algunas zonas rurales del país, tal porcentaje puede llegar al 15%, mientras que en otras regiones, el abandono de técnicas tradicionales de cultivo basadas en la utilización de cercas vivas y de cortinas rompe-viento, como se puede observar en la zona algodонера del país, ha reducido casi a cero esta oferta.

De la misma manera que en el caso de los bosques naturales y artificiales, se han considerado productividades y ofertas que corresponden a los aprovechamientos, racional y máximo, de la regeneración natural de las cercas vivas y de los árboles en potreros y matorrales, así como de los productos de deforestación. En estas condiciones, la oferta racionalmente aprovechable asciende a 1 730 Tcal y la máxima a 3 490 Tcal (véase el cuadro 3).

d) Oferta total

La oferta total de leña en El Salvador asciende a 7 880 Tcal en el caso de un aprovechamiento racional y a 11 400 Tcal en el de un aprovechamiento máximo (véase el cuadro 4).

En el primer caso, esta producción corresponde en un 50% a los cafetales y un 25% a los bosques naturales, mientras en el segundo, proviene en 34% de los cafetales, 31% de los bosques naturales, 18% de las cercas vivas y árboles de potreros y matorrales y 13% de los productos de la deforestación.

2. La demanda

Los consumos de leña se evaluaron según los tres conceptos siguientes: consumo residencial, consumo industrial y consumo para producción de carbón de leña.

a) Consumo residencial

i) Aspectos cuantitativos. La cuantificación del consumo residencial de leña necesitó de varias estimaciones ya que no se ha realizado ningún censo nacional desde 1975 y que las únicas encuestas disponibles sobre consumo hogareño de leña son de 1979 a nivel nacional, y de 1985 para el Municipio de Ahuachapán. Esta ausencia de datos confiables se cubrirá gracias a los resultados de la encuesta que está realizando la CEL, con el apoyo del BID, a mediados de 1987.

En el Municipio de Ahuachapán, el 100% de los hogares rurales y el 84% de los urbanos consumían leña en 1985. Dada la relativa buena disponibilidad de este combustible por la importancia de los cafetales en este municipio, se consideró que, a nivel nacional, 40% de los hogares urbanos y 95% de los rurales consumieron leña en 1986. Conviene señalar que estas cifras son del mismo orden de magnitud que en Guatemala, donde una encuesta realizada en ese año demostró que 56% de los hogares urbanos y 92% de los hogares rurales consumían leña.

En estas condiciones, el consumo de leña ascendió a 10 300 Tcal en 1986, de los cuales el 18% corresponde a la demanda urbana y el 82% a la demanda rural (véase el cuadro 5).

ii) Aspectos cualitativos. La encuesta realizada en el Municipio de Ahuachapán muestra que: 1) Casi la mitad de los hogares utilizan leña mezclada con residuos vegetales (olotes de maíz, esencialmente) durante un promedio de 2.4 meses al año. El empleo de residuos es sensiblemente superior en los hogares con mayor escasez; 2) las tres especies que se utilizan predominantemente son las ingas (cuje, pepeto), el madre cacao (todos los árboles de sombra del café) y el café, y 3) el 74% de los hogares que consumen leña utilizan cocinas de fuego abierto, de baja eficiencia.

b) Consumo industrial

El consumo de leña en el sector industrial se estimó en 442 Tcal en 1986, extrapolando datos de 1984, en función de las tasas de crecimiento del valor agregado sectorial observado entre estas dos fechas (véase el cuadro 6).

Dos tercios de este consumo se debieron al sector "minerales no metálicos" que incluye ladrilleras, tejas, alfarerías y caleras (Departamento de Santa Ana) y un tercio a la industria agroalimenticia que comprende salineras (zona Oriental), panaderías, tortillerías y beneficios de café. El consumo de los comedores (sector "otros") es relativamente despreciable.

Cabe mencionar que el consumo industrial de leña en 1986 representó sólo el 4% del consumo residencial, porcentaje muy inferior al de otros países centroamericanos (18% en Guatemala y 15% en Costa Rica).

Finalmente, el consumo creció marcadamente entre 1979 y 1984, probablemente por el alza de los precios de los derivados del petróleo, que condujo a pequeñas industrias a sustituir diesel o fuel-oil por leña.

c) Consumo para carbón de leña

i) Aspectos cuantitativos. En ausencia de información reciente sobre el consumo de carbón de leña en El Salvador, se consideraron los datos obtenidos de la encuesta realizada en 1979 por el Programa Energético del

Istmo Centroamericano (PEICA); éstos se extrapolaron a 1986 en función de las tasas de crecimiento observadas entre 1975 y 1979. Se adoptó una eficiencia promedio en carboneras del 23% en términos de peso, según resultados de la misma encuesta.

En 1986 se requirieron 9 500 toneladas de leña para producir 2 180 toneladas de carbón de leña. Es preciso notar que el consumo doméstico de ese carbón se ha reducido fuertemente en los últimos años, mientras que ha aumentado el de los restaurantes. En 1986, sólo el 23% correspondía a hogares y el 77% a restaurantes (véase el cuadro 7).

ii) Aspectos cualitativos. Según los resultados de una encuesta realizada en 1985 1/, la producción de carbón de leña está dispersa en todo el país. Este combustible se produce tanto a partir de árboles de bosque latifoliado y de matorral, que de árboles de sombra de café, de la madera producida por el desmonte para milpas y de árboles dispersos.

En Santa Ana, por ejemplo, se produce el carbón en hornos tradicionales de barro, que se construyen para cada quema, y en construcciones mixtas de metal y de barro. Finalmente, conviene mencionar la dificultad de obtener datos confiables sobre producción y consumo de este combustible ya que su producción y comercialización se realizan de manera informal y sin control alguno.

d) Consumo total de leña

El consumo total de leña en El Salvador llegó a 10 800 Tcal (véase el cuadro 8). De este total, el 95% correspondió a consumo doméstico (82% en hogares rurales), sólo 4% a la pequeña industria y 0.2% al sector comercial (en forma de carbón de leña para restaurantes). Si se compara con el resto de Centroamérica, el consumo de la pequeña industria agroalimentaria y de minerales no metálicos es reducido en relación con el residencial, y ello pese al mayor nivel de industrialización de El Salvador. Por lo tanto, convendría complementar la encuesta de consumo industrial ya existente con una nacional más detallada a nivel de pequeñas industrias.

3. Comparación oferta-demanda de leña

El consumo total de leña se aproximó en 1986 a la oferta máxima (véase el cuadro 9). Por otra parte, superó casi en un 40% a la oferta "racionalmente aprovechable". Ello demuestra que se están aprovechando casi en su totalidad los pocos recursos aún existentes en el país (troncos, ramas

1/ Informe sobre producción y comercialización de carbón vegetal, 1985.

delgadas, etc.) y/o que se está recurriendo a otros recursos no identificados; por ejemplo, bosques naturales a una tasa superior a la de su regeneración natural. Este hecho se confirma doblemente por la utilización general de rajas provenientes de troncos y de ramitas y por la casi desaparición de madera aserrable en el país. Por lo tanto, la situación en el ámbito nacional se puede calificar como de penuria.

4. El mercado de la leña

Sólo se dispuso de información referente al mercado de leña en el Municipio de Ahuachapán.^{2/} Los datos que se presentan a continuación provienen de una región algo favorecida por la importancia de cafetales y no reflejan necesariamente los datos del país.

a) Procedencia y transporte

Los transportistas coinciden en señalar la creciente dificultad en conseguir leña, lo que atribuyen a un manejo inadecuado de cafetales y a la excesiva tala de montes en el pasado. Esto último se atribuye a la presión ejercida por la demanda de las ciudades principales del Municipio (la capital, Santa Ana y Sonsonate). Se considera que un 60% de la leña comprada por hogares y tortillerías proviene de "detallistas", quienes a su vez se surten de productores, camioneros o vendedores esporádicos. Un 20% se distribuye por medio de pick-ups y camiones que reparten a domicilio, y el 20% restante corresponde al mercado paralelo.

Entre los recolectores, las distancias recorridas son menores en la zona cafetalera (930 m) y en otras en donde no hay escasez (1 100 m), y más largas en áreas de lotificación (1 400 m), en las que se experimenta escasez (1 600 m) y en las urbanas (2 050 m). El cafetal es la principal zona de autoabastecimiento de leña (92%) en zonas cafetaleras y urbanas (64%); además participa en grado importante pero variable en las demás zonas. También suministran leña la vegetación arbustiva (20%), los pastos y matorrales (10%), las áreas de cultivo (10%) y las cercas (8%).

b) Precios y volúmenes de venta

A principios de 1987, la leña se vendía entre 40 y 120 colones la tonelada (véase el cuadro 10), en función de la importancia de las ventas (desde rajitas de 1 kg hasta camionadas de dos toneladas) y la región del país. Cabe mencionar que, en promedio, el precio de la leña se ha triplicado entre 1979 y 1987, mientras que el índice de precios al consumidor se cuadruplicaba durante el mismo período. De tal manera que, en términos reales, el precio de la leña ha aumentado ligeramente menos que los precios al consumidor.

^{2/} OEA-CEL, Estado actual de la producción, consumo y comercialización de leña en el Municipio de Ahuachapán, 1985.

En el promedio nacional adquieren leña 30% de los hogares rurales, 90% de los urbanos y 100% de las industrias consumidoras de ese combustible (véase el cuadro 11). En promedio el 37% de los consumidores adquirieron leña por un valor de 100 millones de colones a un precio promedio de 83 colones por tonelada, lo que representó el 50% en los ingresos de la CEL por concepto de energía eléctrica en 1985.

Por otra parte, el precio actual de la leña para consumo industrial (80 colones por tonelada, o 26 colones por Gcal), la leña resulta todavía 2.5 veces más barata que el fuel-oil (2.5 colones por galón, o sea 66 colones por Gcal), sin tomar en cuenta la diferencia de eficiencia de combustión de este combustible en calderas frente a la de la leña. A nivel residencial urbano y de uso final (tomando en cuenta la eficiencia de cocinas de leña (10%) y de gas (50%)), la leña, a un costo de 100 colones por tonelada, o 330 colones por Gcal útil, tiene un precio equivalente al del gas propano (21 colones para 25 libras, o 380 colones por Gcal útil).

5. Aspectos institucionales y legales

A nivel institucional, la CEL es el organismo rector en materia de biomasa forestal. Cuenta con una Superintendencia de Fuentes no Convencionales de Energía donde trabajan tres profesionales dedicados exclusivamente a la problemática de la leña. Junto con profesionales de la Gerencia de Planificación Energética, constituyen la contraparte nacional de los importantes estudios que se realizan con el apoyo de organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización de los Estados Americanos (OEA).

El Servicio Forestal y de Fauna del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) es la entidad responsable de aplicar la Ley Forestal vigente desde 1975. En el marco de esa ley, la comercialización de la madera y sus subproductos (como la leña) está sujeta a ciertos controles para todas las especies madereras, pero no para la poda del café o para las especies que se emplearon como sombra de ese cultivo.

El trámite requerido es relativamente sencillo y de bajo costo. El productor debe presentar una solicitud en papel sellado a la agencia más cercana del Servicio Forestal y de Fauna. El agente forestal recibe la solicitud y acuerda una fecha de visita para efectuar una inspección. El técnico forestal llena una hoja de campo en la que se incluye una amplia información sobre la leña comercializada: localización, participantes en el proceso, volúmenes cubicados, especies, etc. Aceptada la solicitud, se otorga una licencia con plazo hasta de 90 días para realizar el aprovechamiento. Cuando éste pasa de 5 o 6 árboles, el permiso lo autoriza el agente forestal regional. Tras la licencia, la vigilancia forestal supervisa que el usuario no se haya excedido de lo autorizado. En caso de violaciones, se levanta un acta y se aplica la Ley Forestal. También existen guías de transporte que, con una duración de 24 a 48 horas, garantizan la circulación libre de la leña.

Los resultados de las encuestas realizadas en el Municipio de Ahuachapán muestran que el mecanismo de licencias no permite captar la realidad de los flujos comerciales de leña, ya que solamente se registra el 11% de la leña consumida sujeta a la legislación forestal. Por otra parte, el Servicio Forestal y de Fauna ha ejecutado, como contraparte nacional, programas de reforestación desde 1979 con fondos y asistencia técnica de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos. Se reforestaron así 1 000 ha por año entre 1980 y 1985; 500 ha en 1986 y se prevé reforestar 400 ha en 1987 gracias a subsidios de 5 000 colones por hectárea en ese año para la plantación y de 1 000 colones en cada uno de los dos años siguientes para su mantenimiento.

El MAG ejecuta desde 1982 el proyecto MADELEÑA (Cultivo de árboles de usos múltiples; CATIE-ROCAP) que estudia y experimenta con especies aptas para producir en forma combinada madera y leña.

Finalmente, conviene señalar que los contactos entre las distintas instituciones nacionales e internacionales directa o indirectamente encargadas de la problemática de la leña en El Salvador, son de índole informal, puesto que no existe una coordinación nacional de carácter oficial que analice esta problemática desde un punto de vista multidisciplinario (agrícola, forestal, comercial, sociológico, etc.) y fomente y lleve a cabo proyectos para corregir las tendencias observadas.

II. DESECHOS AGROPECUARIOS

Se consideraron por separado los subproductos de la actividad agropecuaria susceptibles de ser valorizados energéticamente por procesos de combustión directa o de metanización. Los desechos combustibles, sin secado adicional costoso (bagazo, cascarilla de arroz y de café, desechos de algodón y de maíz, y panoja de maicillo) tienen un bajo contenido de humedad, ya sea por su propia naturaleza, o como consecuencia del proceso agroindustrial que los produce.

Los desechos metanizables, que requerirían un secado adicional costoso, son aquellos con un alto grado de humedad, como pulpa de café y desechos pecuarios.

1. Valorización energética de los desechos agrícolas por medio de combustión

a) El recurso

Entre los desechos agrícolas, el bagazo tiene el mayor potencial puesto que representa el 62% del recurso total identificado puesto que representa el 62% del recurso total identificado (2 635 Tcal). Es también digno de consideración el potencial que corresponde a los desechos de maíz, que representa el 25% del total (véase el cuadro 12).

b) La demanda y el potencial aprovechable

El potencial energéticamente aprovechado, o sea la demanda esencialmente industrial de desechos agrícolas, llegaba en 1986 al 79% del potencial total. El bagazo participó con 69% de este aprovechamiento, seguido de los desechos de maíz (para uso residencial), con 28% (véase el cuadro 13). Cabe mencionar que la cascarilla de arroz, los desechos de algodón y la panoja de maicillo se valorizaban prioritariamente como alimento para el ganado. Eso demuestra que los productos de la agroindustria, además de su valor energético, tienen otros usos y, en consecuencia, conviene analizar sus costos de oportunidad en cada caso específico.

Los recursos aprovechables se consideraron por separado:

i) El recurso fácilmente aprovechable energéticamente, por el uso de tecnologías existentes y comprobadas, llega a 189 Tcal;

ii) El recurso difícilmente aprovechable energéticamente, por el uso de tecnologías aún poco maduras, así como por la dispersión y el alto costo de su transporte, suma 223 Tcal, y

iii) Los ahorros energéticos alcanzables por un uso más eficiente de los desechos, esencialmente en calderas de bagazo y secadores operando con cascarilla de café, llegan a 264 Tcal.

En resumen, un 17% del recurso es fácilmente aprovechable (7% en forma directa y 10% por uso más racional del recurso) y un 8% lo es difícilmente

2. Valorización energética de desechos por medio de metanización de desechos agropecuarios

El potencial energético de los desechos agropecuarios metanizables es de 1 200 Tcal. Considerando que sólo un porcentaje de este potencial se puede aprovechar -por razones de costo, de dispersión de los desechos o de dificultad técnica-, en función de los distintos desechos, se estimó un potencial aprovechable de 391 Tcal (véase el cuadro 14).

III. BIOMASA, SINTESIS DE LOS RECURSOS

Los recursos actualmente aprovechados superan en 20% a los llamados recursos "racionalmente aprovechables", incluyendo su uso más racional (véase el cuadro 15). Como se señaló anteriormente, ello se debe esencialmente a un aprovechamiento casi total e irracional de los pocos recursos de leña disponibles, por la penuria en que se encuentra el país.

Por otra parte, los recursos aprovechados representan el 85% de todos los recursos fácil y difícilmente aprovechables, a nivel nacional. Ello demuestra que sin instrumentación de políticas decididas orientadas a aumentar la oferta y disminuir el consumo, los recursos de leña (en particular de los últimos bosques naturales, árboles en matorral y cercas vivas) seguirán siendo sobreexplotados hasta desaparecer en un futuro próximo.

Finalmente, se puede concluir que gracias al "pulmón" que representan los cafetales y sus árboles de sombra la situación no es aún más dramática. Conviene, consecuentemente, preservarlos y aún expandarlos en la medida de lo posible.

IV. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

El Salvador recibe una radiación solar anual que varía entre 1 400 y 1 940 kWh/m².^{3/} según las regiones del país. A título de comparación, los países que reciben la radiación global anual más elevada en el mundo alcanza cifras del orden de 2 200 kWh/m². Por otra parte, la variación mensual de la radiación global diaria no excede del 15% de la radiación promedio. Esto significa que El Salvador dispone de un excedente potencial solar a niveles de distribución geográfica y de uniformidad durante el año.

1. Conversión térmica

Los sistemas de conversión térmica de la energía solar más utilizados en el mundo son los secadores directos o indirectos de productos agrícolas y los calentadores solares de agua.

Se está recurriendo actualmente al presecado solar directo, en patios, del café y de su pulpa en algunos beneficios del país, así como de la sal en algunas salineras. No se tiene noticia de que existan secadores "indirectos" (con colector de aire y cámara de secado).

En lo que concierne a los calentadores de agua para uso doméstico, hay solamente algunas instalaciones de demostración de representaciones de dos fabricantes extranjeros. Un análisis preliminar ^{3/} muestra que el kWh térmico producido variaría entre 0.45 y 0.74 colones para calentadores importados, y 0.23 y 0.40 colones para calentadores fabricados localmente. Este costo no es competitivo con el kWh eléctrico residencial (0.14 colones) y únicamente en el caso de una fabricación local con el gas propano (0.46 por kWh útil con una eficiencia final de 60%). Ello se debe en gran parte al hecho de que el precio del kWh residencial está fuertemente subsidiado.

^{3/} CEL-BID, Evaluación del potencial de la energía solar y eólica, y perspectivas de su utilización y desarrollo, 1985.

2. Conversión fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos producen un kWh cuyo costo es de 8 a 12 colones, según el tamaño del equipo y el nivel de radiación solar. En consecuencia, son únicamente competitivos para sustituir pilas (telecomunicaciones, iluminación), recargar baterías (televisores), o sustituir pequeñas plantas eléctricas inferiores a 1-5 kW (bombeo de agua, refrigeración).

ANTEL acaba de adquirir 200 unidades de telefonía rural multi-acceso, equipadas con módulos fotovoltaicos. Veinte de ellas ya han sido instaladas en el oriente del país. Asimismo, ANTEL está considerando la adquisición de sistemas fotovoltaicos para la operación de sus repetidoras. Por su parte, la CEL está instalando un refrigerador solar fotovoltaico de demostración.

Aparentemente, existe un mercado potencial importante para satisfacer las necesidades básicas (salud, bombeo de agua, telecomunicaciones, iluminación) de las poblaciones aisladas y desplazadas en el marco de programas sociales y de desarrollo rural integrado.

V. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA EOLICA

El potencial de energía eólica en El Salvador es moderado a nivel global (100 a 500 kWh/m²) para permitir la generación de energía eléctrica con aerogeneradores de manera económicamente atractiva. Sólo la región de Cerro Verde cuenta con un potencial (1 040 kWh/m²) que merecería estudiarse con más detalle.

Para aplicaciones como en bombeo directo de agua (molinos de viento multi-aspas), el potencial resulta en todos los casos suficiente. No existen actualmente sistemas de aprovechamiento de la energía eólica.

VI. USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA

Se presenta a continuación el potencial de ahorro energético en la industria por concepto de ahorros térmicos y eléctricos. Este es el único sector consumidor para el cual se han realizado auditorías energéticas preliminares.

1. Ahorros térmicos

Se estima que a largo plazo se podrán ahorrar 434 Tcal, es decir, el 19% del consumo industrial observado en 1985. Los ingenios azucareros contribuirían con el 62% de estos ahorros (véase el cuadro 16).

A corto plazo, se podrían alcanzar ahorros por 149 Tcal (7% del consumo por concepto de producción de calor de 1985), de los cuales el 83% correspondería a la industria azucarera.

En el sector de minerales no metálicos, esencialmente integrado por las dos cementeras con las que cuenta el país, se podrían ahorrar a mediano plazo 45 Tcal. Los otros "yacimientos" de ahorro se encuentran muy dispersos entre las numerosas plantas de alimentos y textiles (47 y 53 Tcal, respectivamente). Convendría, por lo tanto, concentrar esfuerzos para realizar auditorías detalladas de preinversión en las industrias azucarera y cementera, a fin de determinar las inversiones más rentables en estas ramas.

2. Ahorros eléctricos

A largo plazo se podrían lograr en el sector industrial ahorros eléctricos por 25 Tcal, que corresponden al 13% del consumo observado en 1985 (véase de nuevo el cuadro 16).

CUADROS

Cuadro 1

EL SALVADOR: OFERTA POTENCIAL DE LEÑA POR BOSQUES
NATURALES Y PLANTACIONES, 1986

	Superficie en 1978 (ha) <u>a/</u>	Deforestación y plantaciones anuales (79-86) (ha)	Superficie en 1986 (ha)	Productividad de leña (t/ha año)		Producción (Tcal)	
				racionalmente aprovechable como leña	máxima	racional	última
<u>Total</u>	<u>286 000</u>		<u>239 000</u>			<u>2 240</u>	<u>4 020</u>
Bosques naturales	260 000	4 500 ^{b/}	224 000			1 990	3 520
Coníferas	48 500	500 ^{b/}	44 500	1.05 ^{e/}	3.5	145	482
Latifoliadas	90 800	4 000 ^{b/}	58 000	5.6 ^{f/}	10.2	1 020	1 860
Salados	43 300	-- ^{c/}	45 300	0.75 ^{g/}	1.5	105	210
Arbustivos	77 800	-- ^{c/}	77 800	3.0 ^{h/}	4	721	963
Plantaciones	5 800	1 070 ^{d/}	14 400			252	504
Coníferas	2 100	270 ^{d/}	4 260	2.5 ^{i/}	5	33	66
Latifoliadas	3 700	800 ^{d/}	10 100	7.0 ^{j/}	14	219	438

Fuentes:

a/ MAG, Anuario forestal, 1978

b/ GRUCA-CEE, Potentialités de production et d'exploitation de bois dans six pays de l'Isthme Centre Américain, 1985.

c/ Dato no disponible.

d/ Perspectivas de la reforestación en El Salvador, 1983 (para 80-83) y servicio forestal (1987) (para 84-86).

e/ Asumiendo una productividad de 3.5 t/ha-año de la cual el 30% es aprovechable como leña.

f/ CEL/86, asumiendo una productividad de 10.2 t/ha-año de la cual el 50% es aprovechable como leña.

g/ MAG, asumiendo una productividad de 1.5 t/ha-año de la cual el 50% es aprovechable como leña.

h/ CEL/86, asumiendo una productividad de 4 t/ha-año de la cual el 75% es aprovechable como leña.

i/ CEPAL, asumiendo una productividad de 5 t/ha-año de la cual el 50% es aprovechable como leña.

j/ CEPAL, asumiendo una productividad de 14 t/ha-año de la cual el 50% es aprovechable como leña.

NOTA: Se consideró leña de densidad 0.7 y de poder calorífico de 3 096 kcal/kg a 20% de humedad.

Cuadro 2

EL SALVADOR: PRODUCCION DE LEÑA
DE LOS CAFETALES, 1986

Tipo de Plantación	Superficie		Productividad		Producción	
	% ^{a/}	Miles de ha ^{b/}	m ³ /ha-año ^{c/}	t/ha-año ^{d/}	Miles de t	Tcal ^{e/}
Total	100	188			1 260	3 900
Bajío	60	113	11.4	8	904	2 800
Media altura	25	47	8	5.6	263	820
Altura	15	28	4.6	3.2	90	280

Fuentes:

- a/ Según datos ISIC de 1979, se supone que no había variado entre 1979 y 1986.
b/ Se consideró que no había variado entre 1979 y 1986.
c/ Según datos ISIC/MAG de 1983; incluye podas y regeneración cafetales.
d/ Asumiendo una densidad de 0.7.
e/ Asumiendo 3 096 kcal/kg a 20% de humedad.

Cuadro 3

EL SALVADOR: OFERTA DE LEÑA POR DEFORESTACION,
CERCAS VIVAS Y ARBOLES AISLADOS, 1986

	Superficies (miles de ha)	Productividad (t/ha-año)		Producción (Tcal) ^{c/}	
		Racionalmente aprovechable como leña	Máxima	Racional	Máxima
Total				1 730	3 490
Deforestación ^{a/}	4.5	- -	- -	489	1 420
Coníferas	0.5	20	40	31	62
Latifoliados	4.0	37	110	458	1 360
Cercas vivas y matorrales ^{b/}	134	3	5	1 245	2 070

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

^{a/} Anual

^{b/} Asumiendo que el 10% de las 1 340 miles de hectáreas de superficie agropecuaria del país están cubiertas de cercas vivas y especies espinosas de potrero y matorrales.

^{c/} Se consideró leña de densidad 0.7 y de poder calorífico de 3 096 kcal/kg a 20% de humedad.

Cuadro 4

EL SALVADOR: OFERTA TOTAL DE LEÑA, 1986

	Producción anual					
	Racional			Máxima		
	Miles de t	Tcal	%	Miles de t	Tcal	%
<u>Total</u>	<u>2 542</u>	<u>7 880</u>	<u>100</u>	<u>3 680</u>	<u>11 400</u>	<u>100</u>
Bosques naturales	641	1 990	25	207	3 520	31
Deforestación	158	489	6	459	1 420	13
Cercas vivas y matorrales	402	1 245	16	669	2 070	18
Plantaciones	81	252	3	163	504	4
Cafetales	1 260	3 900	50	1 260	3 900	34

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

Cuadro 5

EL SALVADOR: CONSUMO RESIDENCIAL DE LEÑA, 1986

	Población		Consumo		
	Miles de hab	Consumidora de leña (%)	Diario (kg/hab-día)	Total Miles de t	Tcal d/
Total	4 820	72	2.66	3 330	10 300
Urbana	2 010 ^{a/}	40 ^{b/}	2.05 ^{c/}	602	1 860
Rural	2 810	95 ^{b/}	2.8 ^{b/}	2 730	8 450

Fuentes:

a/ Banco Mundial, 41.8% de la población urbana.

b/ Estimación sobre la base de los resultados de la encuesta realizada en el Municipio de Ahuachapán, 1985.

c/ OEA-CEL: Estado actual de la producción, consumo y comercialización de leña en el Municipio de Ahuachapán, 1985.

d/ Asumiendo un poder calorífico de 3 096 kcal/kg a 20% de humedad.

Cuadro 6

EL SALVADOR: CONSUMO INDUSTRIAL DE LEÑA, 1979-1986
(Tcal)

	1979 ^{a/}	1984 ^{c/}	1986 ^{d/}
<u>Total</u>	<u>294</u>	<u>425</u>	<u>442</u>
Industria agroalimenticia	-	118	134
Minerales no metálicos	294	294 ^{b/}	294
Otros	-	13	14

Fuentes:

a/ CEL, Balance energético nacional, series 1970-1979, 1980.

b/ Se adoptó la cifra de 1979 en el estudio.

c/ CEL-BID, Estudio de uso final de energía en el sector industrial, 1985.

d/ CEPAL, Estudio económico de América Latina y el Caribe, El Salvador, CEPAL LC/L.390/Add. 1. Se aplicó la tasa de crecimiento del valor agregado sectorial, entre 1984 y 1986 para la industria agroalimenticia (alimentos, bebidas y tabaco) y otros combustibles, y entre 1979 y 1986 para los minerales no metálicos.

Cuadro 7

EL SALVADOR: CONSUMO DE LEÑA PARA PRODUCCION DE
CARBON VEGETAL, 1979-1986

	1979	Tasa de crecimiento	1986	
	(miles de t)	1975-1979 (%)	Miles de t	Tcal
<u>Total</u>	<u>9.68</u>	<u>-0.2%</u>	<u>9.53</u>	<u>29.5</u>
Doméstico	3.73	-7.5%	2.16	6.7
Restaurantes	5.95	3.1%	7.37	22.8

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

Cuadro 8

EL SALVADOR: CONSUMO TOTAL DE LEÑA, 1986

	Miles de toneladas	Tcal	%
<u>Total</u>	3 480	<u>10 800</u>	<u>100</u>
Residencial	3 330	10 300	95
Urbano	604	1 870	17
Rural	2 730	8 450	78
Industrial	143	442	4.1
Comercial	7	23	0.2

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

Se asume que todo el carbón de leña se consume en zonas urbanas.

Cuadro 9

EL SALVADOR: OFERTA Y CONSUMO TOTALES DE LEÑA, 1986

	Oferta racionalmente aprovechable	Consumo total	Oferta máxima
Miles de t	2 540	3 480	3 680
Tcal	7 880	10 800	11 400
<u>Fuente:</u> CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.			

Cuadro 10

EL SALVADOR: PRECIOS DE LA LEÑA
(Colones por tonelada^{a/})

1979	1983	1985	1987
14-40 ^{b/}	30-60 ^{c/} 48-80 ^{d/}	33-48 ^{e/}	40-120 ^{f/} 70-90 ^{g/}

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

a/ Se asumió que una tonelada equivale a 0.5 m³ estéreo, o sea una tonelada.

b/ Puesto en finca en la zona occidental.

c/ Puesto en finca en la zona occidental.

d/ En áreas urbanas de la zona occidental.

e/ Para cafetales del municipio de Ahuachapán.

f/ A nivel nacional.

g/ En beneficios de café.

Cuadro 11

EL SALVADOR: VOLUMENES DE VENTA DE LEÑA, 1986

	Consumo (miles de t)	Porcentaje comprado <u>a/</u>	Precio promedio <u>b/</u> (colones/t)	Ventas (millones de colones)
<u>Total</u>	<u>3 480</u>	<u>37</u>	<u>83</u>	<u>106</u>
Residencial	3 330	34	84	95
Rural	2 730	30	50	41
Urbano	602	90	100	54
Industrial	143	100	80	11

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

a/ Estimación a partir de datos del Municipio de Ahuachapan.

b/ Estimación a partir de los datos del cuadro 10.

Cuadro 12

EL SALVADOR: POTENCIAL ENERGETICO (COMBUSTION)
DE DESECHOS AGRICOLAS, 1986

	Miles de toneladas	Poder calorífico	Potencial energético	
			Tcal	%
<u>Total</u>	<u>1 150</u>		<u>2 635</u>	<u>100</u>
Bagazo	880	1 850	1 630	62
Desechos de maíz ^{a/}	180	3 540 ^{b/}	637	24
Cascarilla de café	30.2	4 200	127	5
Cascarilla de arroz	15.6	4 800	75	3
Desechos de algodón ^{c/}	20.6	3 720 ^{b/}	77	3
Panoja de maicillo	27.4	3 250	89	3

Fuente: CEPAL, sobre la base de los documentos: CEL, Evaluación preliminar del potencial bioenergético, 1984; CEL-BID, Estudio de residuos agroindustriales y bionenergía, 1986, y CEPAL, Estudio económico de América Latina y el Caribe; 1985, El Salvador, CEPAL LC/L.390/Add. 1

a/ Incluye tusa y clote.

b/ Ponderado entre desechos.

c/ Incluye monte, desperdicio, linter y cascarilla.

Cuadro 13

EL SALVADOR: APROVECHAMIENTO (COMBUSTION)
DE LOS DESECHOS AGRICOLAS

	Potencial (Tcal)	Potencial aprovechado				Excedente				Ahorros por uso racional del desecho	
		Energía		Otros		Fácilmente aprovechable energéticamente		Difícilmente aprovechable energéticamente		desecho	
		%	Tcal	%	Tcal	%	Tcal	%	Tcal	%	Tcal
<u>Total</u>	<u>2 635</u>	<u>79</u>	<u>2 070</u>	<u>6</u>	<u>154</u>	<u>7</u>	<u>189</u>	<u>8</u>	<u>223</u>	<u>10</u>	<u>264</u>
Bagazo	1 630	88	1 430	5 ^{a/}	82	7 ^{b/}	114	-	-	15 ^{c/}	245
Desechos de maíz	637	90 ^{d/}	573	-	-	-	-	10 ^{e/}	64	-	-
Cascarilla de café	127	50	64	-	-	50 ^{f/}	64	-	-	15 ^{g/}	19
Cascarilla de arroz	75	-	-	30 ^{h/}	23	14 ^{i/}	11	6 ^{j/}	42	-	-
Desechos de algodón	77	-	-	40 ^{h/}	31	-	-	60 ^{k/}	46	-	-
Panoja de maicillo	89	-	-	20 ^{h/}	18	-	-	80 ^{k/}	71	-	-

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

a/ Para alimento de ganado y otros usos.

b/ En calderas, en sustitución del fuel-oil.

c/ Mejoramiento de calderas y molinos.

d/ Para cocción de alimentos.

e/ Mejoramiento de calderas y molinos.

f/ Para el secado del café.

g/ Mejoramiento de secadores de leña.

h/ Para alimento de ganado.

i/ Para el secado del arroz.

j/ Transportado para usos diversos, exceptuando el secado.

k/ Desechos muy diseminados.

Cuadro 14

EL SALVADOR: POTENCIAL ENERGETICO (METANIZACION)
DE DESECHOS AGROPECUARIOS

	Número de animales (miles)	Estiércol o desecho producido (miles de t)	Potencial útil de biogas (millones de m ³)	Potencial energético ^{a/} (Tcal)	Potencial aprovechable Tcal	%
<u>Total</u>			<u>222</u>	<u>1 200</u>	<u>391</u>	<u>100</u>
Desechos pecuarios						
-Estiércol bovino	970	3 690	137	740	222 ^{b/}	57
-Estiércol porcino	510	744	38	205	103 ^{c/}	26
-Desechos avícolas	7 700	231	20	108	22 ^{d/}	6
Desechos agrícolas						
-Pulpa de café		178	27	146	44 ^{e/}	11

Fuente: CEPAL, sobre la base de los documentos: CEL, Evaluación preliminar del potencial bioenergético, 1984; CEL-BID, Estudio de residuos agroindustriales y bioenergía, 1986, y CEPAL, Estudio económico de América Latina y el Caribe, 1985, El Salvador, CEPAL, LC/L.390/Add.1

a/ 5.4 Mcal

Cuadro 15

EL SALVADOR: RECURSO APROVECHADO, APROVECHABLE
Y POTENCIAL DE BIOMASA

(Teracalorías)

	Aprovechable ^{a/}	Aprovechado ^{b/}	Potencial ^{c/}
<u>Total</u>	<u>10 800</u>	<u>12 900</u>	<u>15 200</u>
Leña	7 880	10 800	11 400
Desechos agrícolas (combustión)	2 520 ^{d/}	2 070	2 635
Desechos agropecuarios (metanización)	391 ^{d/}	-	1 800

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales.

a/ Racionalmente.

b/ Corresponde al consumo.

c/ Aprovechado y fácil o difícilmente aprovechable.

d/ Corresponde a desechos fácilmente aprovechables y uso más eficiente de los mismos.

Cuadro 16

EL SALVADOR: POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO
EN LA INDUSTRIA
(Teracalorías)

	Ahorros térmicos				Ahorros eléctricos
	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Total	largo plazo
<u>Total</u>	<u>149</u>	<u>139</u>	<u>146</u>	<u>434</u>	<u>25</u>
Alimentos ^{a/}	11.7		35.1	47	8.5
Azúcar	123	94	50	267	
Textil	10		43	53	8
Minerales no metálicos ^{b/}		45		45	
Otros	4		18	22	9

Fuente: CEL-BID, Programa de fortalecimiento de la capacidad de
planificación en el campo energético-módulo de auditorías energéticas,
1986.

a/ Sin azúcar.

b/ Cementos, esencialmente.